

ECH 21 Triode-heptode

De ECH 21 is een triode-heptode met regelbare steilheid, bestemd voor wisselstroomvoeding. De beide electrodensystemen hebben één gemeenschappelijke kathode, die ca. 2,1 W verbruikt.

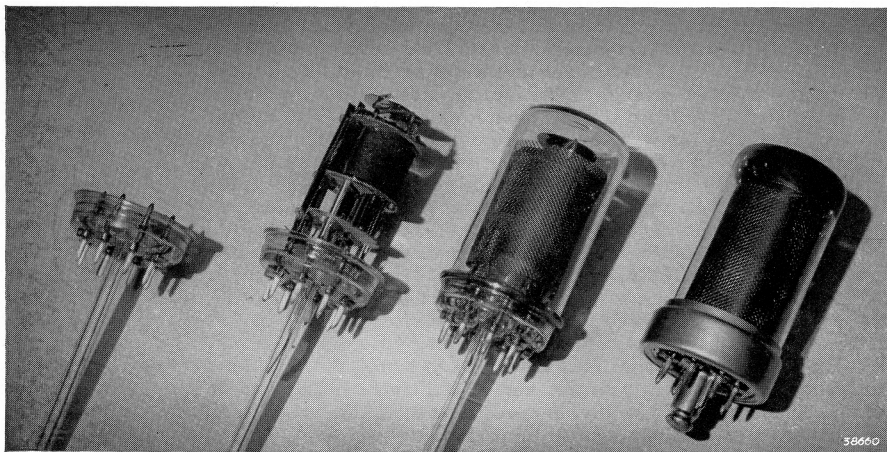


Fig. 1
Vier stadia uit de montage van de triode-heptode steutelbuis ECH 21

De ECH 21 wordt in de eerste plaats voor toepassing als mengbuis aanbevolen en biedt daarbij de volgende voordelen:

- a) **Uitvoering van het menggedeelte als heptode**
Het vijfde rooster van het heptodegedeelte is een vangrooster, waardoor secundaire emissie van het schermrooster en de anode geen nadeelige gevolgen heeft. Hierdoor is het mogelijk, de schermroosterspanning meeloopend uit te voeren, zonder dat de gunstige inwendige weerstand wordt beïnvloed, m.a.w. de schermroosters kunnen via een serieweerstand uit de anodespanningsbron worden gevoed. Hierdoor wordt niet alleen een weerstand bespaard, maar tevens een stroombesparing verkregen, doordat geen potentiometerschakeling behoeft te worden toegepast. Verder biedt het vangrooster het voordeel, dat de ruisch belangrijk zwakker is, omdat het vierde rooster geen secundaire elektronen emitteert.
- b) **Groote conversiesteilheid**
(750 $\mu\text{A/V}$) bij lagen anodestroom (3 mA). Deze verhouding tusschen steilheid en anodestroom is ook zeer gunstig met het oog op den ruisch.
- c) **Bijzonder gunstige eigenschappen, wat betreft kruismodulatie**
worden o.a. door de voeding van het schermrooster via een serieweerstand verkregen.
- d) **Geringe frequentieverschuiving op de kortegolf**
Hierdoor kan de conversiesteilheid in dit bereik zeer goed worden geregeld. Bij een golflengte van 15 m en een afstemcapaciteit van den oscillatorkring van 50 pF, bedraagt deze verschuiving bij maximale regeling minder dan 1,5 kp/s, mits het inductie-effect b.v. door een compensatiecondensator zoo goed mogelijk wordt onderdrukt.
- e) **De steilheid van de triode is zeer groot in het punt, waar de buis begint te oscilleren** (3,2 mA/V); hierdoor oscilleert de buis betrouwbaar, zelfs onder de meest ongunstige omstandigheden.

- f) **De roosterstroomkarakteristiek van het triodegedeelte verloopt zeer steil**
 Hierdoor kan het z.g. overscilleeren gemakkelijk worden vermeden en heeft men meer vrijheid in de keuze van roostercondensator en lekweerstand.

Bij de ECH 21 is het rooster van de triode niet met het derde rooster van de heptode verbonden, zooals dit b.v. bij de ECH 3 wél het geval is. Beide roosters zijn afzonderlijk naar buiten gevoerd, waardoor de toepassingsmogelijkheden van de ECH 21 zijn uitgebreid. De toepassing als mengbuis werd reeds vermeld. In dit geval worden de genoemde roosters onderling verbonden.

Verbindt men de roosters niet met elkander, dan kan b.v. het heptodegedeelte als M.F. versterker met regelbare steilheid worden gebruikt en het triodegedeelte als L.F. versterker met weerstandkoppeling. Daarbij is het natuurlijk van belang, capacatieve en inductieve koppelingen tusschen de beide systemen te vermijden, hetgeen bij de ECH 21 door de doelmatige constructie in hooge mate wordt bereikt. De mogelijkheid deze buis als M.F. en L.F. versterker toe te passen, is van groot belang, omdat in deze serie een duodiode-eindpenthode (EBL 21) ter beschikking staat. Op deze wijze kan met slechts drie buizen een superheterodyne ontvangtoestel worden geconstrueerd met de eigenschappen van een toestel met vier buizen. Het toestel kan b.v. met twee buizen ECH 21 en één buis EBL 21 worden uitgerust. Met deze combinatie kan men een toestel met groote gevoeligheid, dan wel met normale gevoeligheid vervaardigen, waarbij in het laatste geval het overschot aan L.F. versterking voor een goede L.F. tegenkoppeling wordt gebruikt. Het overschot aan L.F. versterking kan echter ook worden gebruikt om de M.F. versterking iets te verminderen, waardoor het b.v. in goedkope toestellen mogelijk is, speelstellen zonder trimmers toe te passen.

Verder wordt door deze schakeling van de ECH 21 ook het probleem van de gramfoonversterking in eenvoudige toestellen opgelost, aangezien hierbij een L.F. trap aan de eindbuis voorafgaat. Op deze wijze is het dus mogelijk toestellen met een ruimschoots voldoende gevoeligheid voor gramfoonweergave te maken.

In deze schakeling dient nog op een bijzondere bijkomstigheid te worden gelet. Het heptode- en het triodegedeelte hebben een gemeenschappelijke kathode; regelt men de M.F. versterking (heptodegedeelte), dan neemt de kathodestroom af; door deze stroom wordt echter tevens de negatieve roosterspanning van de L.F. buis bepaald, zoodat deze spanning afneemt, naarmate de regelspanning groter wordt. Dit is natuurlijk niet toelaatbaar.

Deze moeilijkheid kan op meerdere wijzen worden opgelost. Een goedkope oplossing wordt in fig. 4 gegeven. De kathoden van alle buizen worden met het chassis verbonden; de kathodeweerstanden met de bijbehorende ontkoppelcondensatoren komen dus te vervallen. De negatieve roosterspanningen van de L.F. versterker- en de eindbuis worden nu met behulp van weerstanden (R_1 en R_2) in de negatieve leiding van het voedinggedeelte verkregen. Nu moet nog voor de negatieve roosterspanning van de mengbuis en de M.F. buis, alsmede voor de vertragspanning van de automatische volumeregeling worden gezorgd. Daartoe wordt aan de anode van de diode voor de automatische volumeregeling een negatieve spanning gelegd. Deze spanning wordt, via het systeem voor de automatische volumeregeling, ook aan de roosters van de geregelde buizen gelegd. Daar in dit geval de negatieve roosterspanning van de M.F. buis en die van de mengbuis dezelfde waarde hebben als de vertragspanning, zal naar een compromis tusschen de meest geschikte vertragspanning van de automatische volumeregeling en de beginspanning van de geregelde buizen moeten worden gezocht. Volgens dit principe werd b.v. in schema III op blz. 70 met de buizen UCH 21 en UBL 21 te werk gegaan.

Stelt men hogere eischen aan het toestel, dan komt deze oplossing natuurlijk niet in aanmerking en dient men ervoor te zorgen, dat de vertragspanning van de automatische volumeregeling inderdaad zoo gunstig mogelijk is. Voor dit doel kan men b.v. den spanningval over den kathodeweerstand van de eindbuis gebruiken. Deze spanning wordt

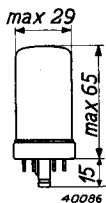


Fig. 2
 Afmetingen in mm.

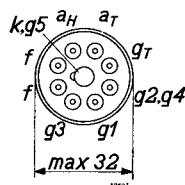
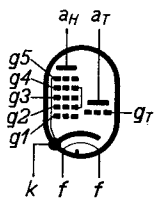


Fig. 3
 Rangschikking en aansluiting van de elektroden.

dan aan de roosters van de geregelde buizen gelegd, die in dit geval van een kathode-weerstand moeten worden voorzien. Om te voorkomen, dat de anodestroom van het triodegedeelte der tweede buis ECH 21 door deze regeling wordt beïnvloed, van de potentiometer R_7-R_8 (zie fig. 5) zóó worden geschakeld, dat de stroom door dezen potentiometer eveneens door den kathodeweerstand R_2 loopt. Door dezen weerstand loopt nu zoowel deze stroom van constante waarde, als de anodestroom van het triodegedeelte, die eveneens vrijwel constant is, terwijl alleen de naar verhouding geringe anodestroom van het heptodegedeelte door de regeling wordt beïnvloed. Op deze wijze kan worden bereikt, dat de anodestroom van het triodegedeelte vrijwel onafhankelijk is van de regeling van het heptodegedeelte. De roosterspanning van het triodegedeelte schommelt in deze schakeling bij maximale regeling van het heptodegedeelte tusschen $-2,2$ V en $-2,9$ V, hetgeen als toelaatbaar kan worden beschouwd.

Van het feit, dat het derde rooster der heptode en het rooster der triode afzonderlijk zijn uitgevoerd, kan verder nog gebruik worden gemaakt voor toepassing van de ECH 21 als voorversterkerbuis en faseomkeerbuis, voorafgaande aan een balanseindtrap. In dit geval worden de beide gedeelten van de buis als L.F. versterker met weerstandkoppeling gebruikt; deze schakeling is dan ook niet geschikt voor het sturen van balansversterkers met roosterstroom. Het toepassingsgebied van den normalen balansversterker zonder roosterstroom is echter reeds zoo belangrijk, dat deze toepassing van de ECH 21 toch van groote betekenis is. Een van de beide ter beschikking staande systemen moet de L.F. versterking verzorgen; hiervoor wordt het heptodegedeelte gebruikt, daar hiermee de grootste versterking kan worden bereikt. Het triodegedeelte behoeft dan alleen de fase van de verkregen spanning om te draaien, zoodat voor dit doel enkelvoudige versterking voldoende is. Deze geringe versterking maakt het mogelijk, de triode vrij sterk tegen te koppelen, zoodat een goede onvervormde weergave kan worden bereikt. De tegenkoppeling wordt verkregen, door een gedeelte van de anodespanning naar het rooster van dezelfde buis terug te voeren.

De principieele schakeling wordt in fig. 6 weergegeven. De spanning V_i , b.v. van een diode of van een gramfoonopnemer, staat over de punten A en B. In den anodekring van het heptodegedeelte is een koppelweerstand van $200\ 000\ \Omega$ opgenomen. Het schermrooster wordt via een weerstand van $0,25\ M\Omega$ vanuit de 250 V spanning gevoed. De L.F. versterking van het heptodegedeelte is dan ca. honderdvoudig, als de buis niet wordt geregeld.

De wisselspanning (V_{o1}) op het rooster van de eerste eindbuis, dat met de anodeaansluiting I is verbonden, is dus 100 keer zoo groot als de ingangspanning V_i . Verder wordt de wisselspanning, die over den weerstand R_1 staat, via den weerstand R_4 van $1\ M\Omega$ naar het rooster van het triodegedeelte gevoerd. Door middel van de weerstanden R_5 en R_6 wordt aan dit rooster ca. $1/3$ deel van de oorspronkelijke wisselspanning gelegd. Een gedeelte van de geleverde spanning, die over R_2 komt te staan, wordt nu nog over R_5 als tegenkop-

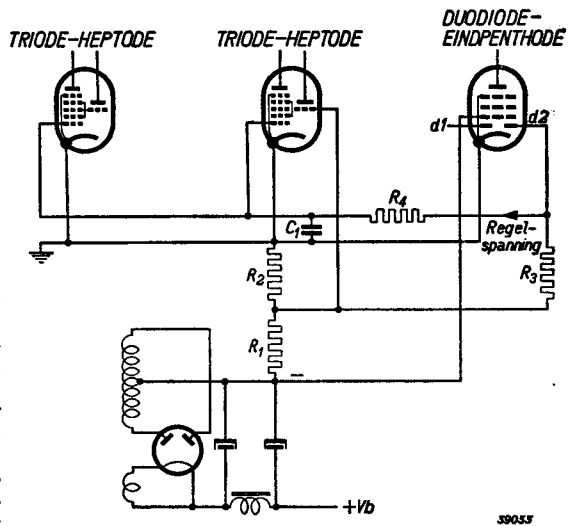


Fig. 4

Principieele schakeling voor het verkrijgen van de negatieve roosterspanning en automatische volumeregeling, bij toepassing van de ECH 21 als M.F. en L.F. versterkerbuis met weerstandkoppeling (goedkope compromis-oplossing). De spanningval in de weerstanden R_1 en R_7 , die in de minleiding van het voedingdeelte zijn opgenomen, wordt voor de negatieve roosterspanning van de eindbuis en de L.F.versterkertriode gebruikt. Een gedeelte van deze spanning wordt via het systeem voor de automatische volumeregeling aan het rooster van de geregelde buizen gelegd. Bij deze schakeling vormt de verkregen spanning een compromis tusschen de meest geschikte vertragingsspanning der automatische volumeregeling en de beginspanning van de geregelde buizen.

pelspanning naar het rooster van het triodegedeelte gevoerd en zodoende op de reeds aanwezige wisselspanning gesuperponeerd. Op deze wijze wordt bereikt, dat de spanning over R_2 , die aan het rooster van de tweede eindbuis wordt gelegd, vrijwel gelijk is aan de spanning over R_1 ; de fase is echter 180° gedraaid. Als de buis niet wordt geregeld, wordt bij deze schakeling voor elke eindbuis een spanning van 10 V bij een vervorming van 0,8% geleverd. Deze spanning is b.v. voldoende voor volledige modulatie van twee in balans geschakelde steile eindbuizen EL 6.

Voor toestellen, die aan hoge eischen moeten voldoen, kan van een dergelijken balanseindtrap met voordeel gebruik worden gemaakt, temeer daar de dioden van de EBL 21 eventueel voor de drie dioden schakeling, die eveneens door geringe vervorming uitmunt, kunnen worden gebruikt.

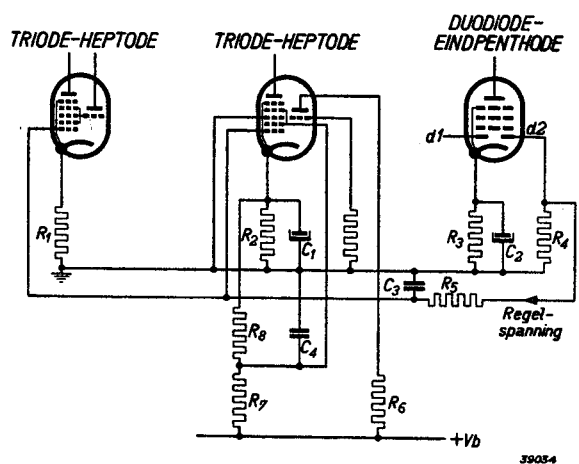


Fig. 5 Vereenvoudigd schema voor het verkrijgen van de negatieve rooster spanning en de spanning voor de automatische volumeregeling, bij gebruik van de buizen ECH 21 en EBL 21; de vertragingsspanning van de automatische volumeregeling wordt hierbij op de juiste waarde ingesteld. Hiertoe wordt de spanningval over den kathodeweerstand R_5 van de eindbuis gebruikt. De stroom, die door den potentiometer voor de schermroostervoeding vloeit, loopt ook door den kathodeweerstand van de tweede ECH 21, zoodat de spanningval over dezen weerstand (R_5) nagenoeg onafhankelijk is van de regeling van het heptodegedeelte.

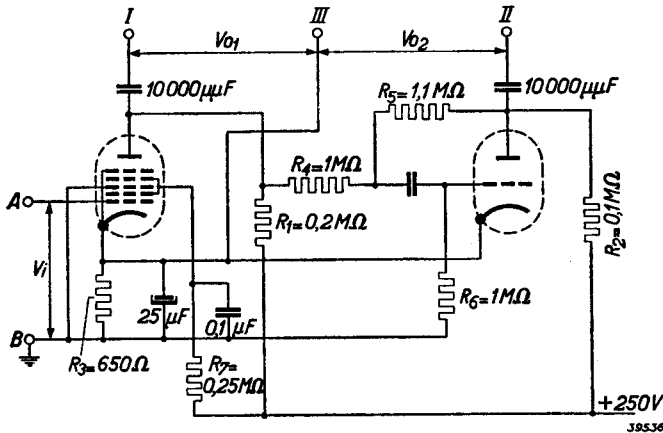


Fig. 6 Principieele schakeling van de ECH 21 als L.F. versterkerbuis en faseomkeerbuis vóór een balanseindtrap. De uitgangspanningen V_{01} en V_{02} zijn bij deze schakeling zuiver in tegenfase en worden aan de roosters van twee in balans geschakelde eindbuizen gelegd. Terwille van de duidelijkheid zijn het triode- en het heptodegedeelte afzonderlijk geteekend.

GLOEIDRAADGEGEVENS

Gloeidraadvoeding: indirect met wisselstroom; parallelvoeding.

Gloeispanning	$V_f = 6,3 \text{ V}$
Gloeistroom	$I_f = 0,33 \text{ A}$

CAPACITEITEN

a) Heptodegedeelte

C_{g1}	$= 6,8 \text{ pF}$	C_{g1g3}	$< 0,3 \text{ pF}$
C_a	$= 9,5 \text{ pF}$	C_{g3}	$= 8 \text{ pF}$
C_{ag}	$< 0,002 \text{ pF}$	C_{g1f}	$= 0,007 \text{ pF}$

b) Triodegedeelte

C_s	$= 4,5 \text{ pF}$	C_{ak}	$= 2 \text{ pF}$
C_a	$= 3,5 \text{ pF}$	C_{ag}	$= 1,1 \text{ pF}$
C_{gk}	$= 3,2 \text{ pF}$	C_{gf}	$< 0,06 \text{ pF}$

c) Tusschen heptode- en triodegedeelte, resp. de combinatie der beide gedeelten:

C_{gTg1H}	$< 0,1 \text{ pF}$	$C_{(gT+g3)g1H}$	$< 0,35 \text{ pF}$
$C_{(gT+g3)}$	$= 12,8 \text{ pF}$	$C_{(gT+g3)aH}$	$< 0,1 \text{ pF}$

DYNAMISCHE GEGEVENS VAN HET HEPTODEGEDEELTE bij toepassing als mengbuis (derde rooster verbonden met rooster der triode)

Anode- resp. voedingspanning van het schermrooster

$$V_a = V_b = 250 \text{ V}$$

Schermrooster-serieweerstand

$$R_{(g2+g4)} = 24\,000 \text{ } \Omega$$

Kathode weerstand

$$R_k = 150 \text{ } \Omega$$

Lekweerstand van derde rooster en trioderooster

$$R_{(g3+gT)} = 50\,000 \text{ } \Omega$$

Stroom naar derde rooster en trioderooster

$$I_{(g3+gT)} = 190 \text{ } \mu\text{A}$$

Negatieve stuurroosterspanning

$$V_{g1} = -2^1) \quad -24,5^2) \text{ V}$$

Schermroosterspanning

$$V_{(g2+g4)} = 100 \quad 250 \text{ V}$$

Anodestroom

$$I_a = 3 \text{ mA}$$

Schermroosterstroom

$$I_{(g2+g4)} = 6,2 \text{ mA}$$

Inwendige weerstand

$$R_i = 1,4 > 3 \text{ M}\Omega$$

Conversiesteilheid

$$S_c = 750 \quad 7,5 \text{ } \mu\text{A/V}$$

Equivalentente ruischweerstand

$$R_{a\text{eq}} = 55\,000 \text{ } \Omega$$

¹⁾ Bij niet geregelde buis.

²⁾ Bij een regeling van de steilheid op 1/100.

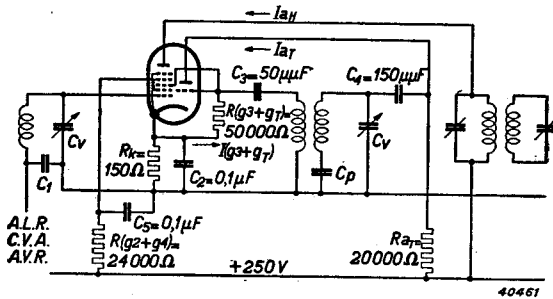


Fig. 7
Principiele schakeling voor toepassing van de ECH 21 als mengbuis

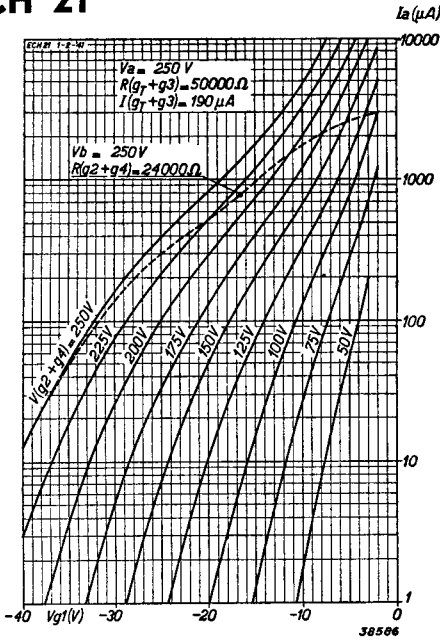


Fig. 8

Anodestroom van het heptodegedeelte als functie van de negatieve rooster spanning, bij een anodespanning van 250 V en met de schermrooster spanning als parameter (als mengbuis). De gestippelde kromme geldt bij voeding van het schermrooster via een weerstand van 24 000 Ω.

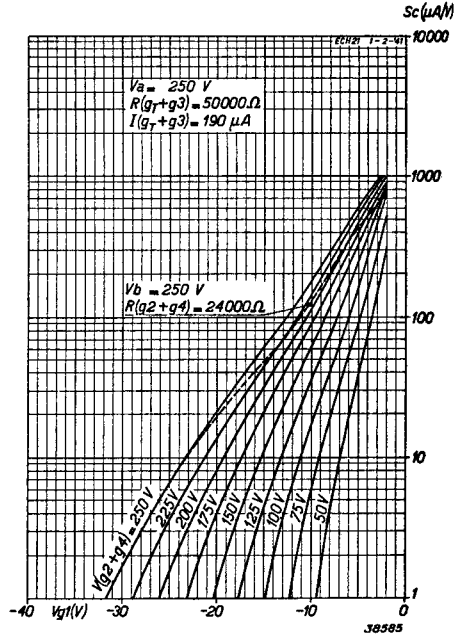


Fig. 9

Conversiesteilheid Sc als functie van de negatieve rooster spanning V_{g1} , bij een anodespanning van 250 V en met de schermrooster spanning als parameter; de gestippelde kromme geldt bij voeding van het schermrooster via een weerstand van 24 000 Ω.

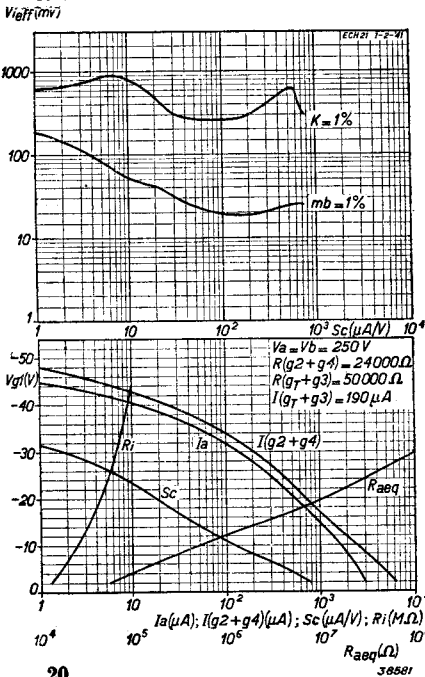


Fig. 10

Bij $V_a = V_b = 250$ V en $R(g_2 + g_4) = 24\ 000$ Ω. Bovenste krommen: De hoogst toelaatbare effectieve waarde van de h.f. wisselspanning voor 1% kruismodulatie ($K = 1\%$) en de hoogst toelaatbare wisselspanning voor 1% modulatiebrom ($mb = 1\%$), beide van het storende signaal op het rooster, als functie van de conversiesteilheid. Onderste krommen: Anodestroom I_a , schermroosterstroom $I(g_2 + g_4)$, conversiesteilheid Sc , inwendige weerstand R_i en equivalente ruischweerstand R_{aeg} als functie van de negatieve rooster spanning V_{g1} .

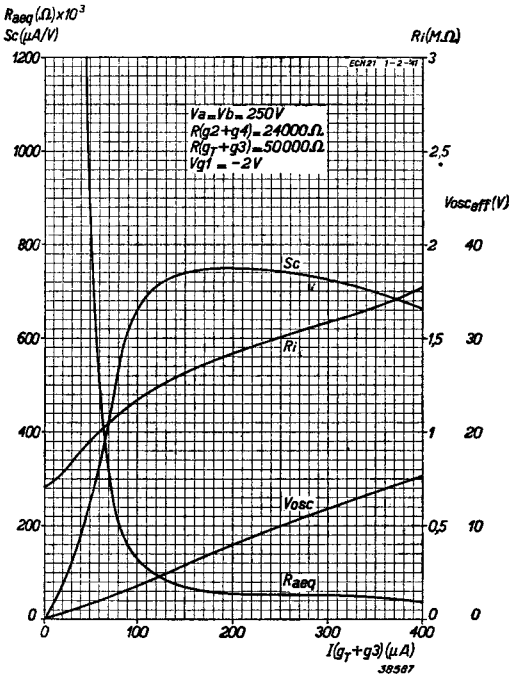


Fig 11

Conversiesteilheid S_c , inwendige weerstand R_i , equivalente ruisweerstand R_{aeq} en effectieve waarde van de oscillatorwisselspanning V_{osc} , als functie van den stroom naar het oscillatorrooster $I(g_1 + g_3)$ bij $V_a = V_b = 250$ V en $R(g_2 + g_4) = 24\ 000\ \Omega$.

DYNAMISCHE GEGEVENS VAN HET HEPTODEGEDEELTE bij toepassing als M.F. versterkerbuis (derde rooster los van trioderooster)

Anode- resp. voedingspanning van het schermrooster	$V_a = V_b =$	250 V		
Spanning van het derde rooster	$V_{g_3} =$	0 V		
Schermrooster-serieweerstand	$R_{(g_2 + g_4)} =$	45 000 Ω		
Negatieve stuurroosterspanning	$V_{g_1} =$	-2 ¹⁾ — -36 ²⁾	-44 V ³⁾	
Schermroosterspanning	$V_{(g_2 + g_4)} =$	90 —	250 V	
Anodestroom	$I_a =$	5,3 —	— mA	
Schermroosterstroom	$I_{(g_2 + g_4)} =$	3,5 —	— mA	
Steilheid	$S =$	2200 22	2,2 $\mu A/V$	
Inwendige weerstand	$R_i =$	0,9 >10	>10 M Ω	
Versterkingsfactor van het schermrooster t.o.v. het stuurrooster	$\mu_{g_2g_1} =$	18 —	—	
Equivalente ruisweerstand	$R_{aeq} =$	7500 —	— Ω	

¹⁾ Bij niet geregelde buis
²⁾ Bij een regeling van de steilheid op 1/100
³⁾ Bij een regeling van de steilheid op 1/1000 (uiterste grens van het regelbereik).

STATISCHE GEGEVENS VAN HET TRIODEGEDEELTE

Anodespanning	$V_a = 100$ V
Neg. roosterspanning	$V_g = 0$ V
Anodestroom	$I_a = 12$ mA
Steilheid	$S = 3,2$ mA/V
Versterkingsfactor	$\mu = 22$

DYNAMISCHE GEGEVENS VAN HET TRIODEGEDEELTE bij toepassing als oscillatorbuis (trioderooster verbonden met derde rooster der heptode)

Voedingspanning van de anode	$V_b = 250$ V
Serie weerstand in de anodeketen	$R_a = 20\ 000$ Ω
Roosterlekweerstand	$R(g_2T + g_3) = 50\ 000$ Ω
Stroom door den roosterlekweerstand in te stellen op	$I(g_2T + g_3) = 190$ μ A
Anodestroom	$I_a = 4,5$ mA
Effectieve steilheid	$S_{eff} = 0,55$ mA/V

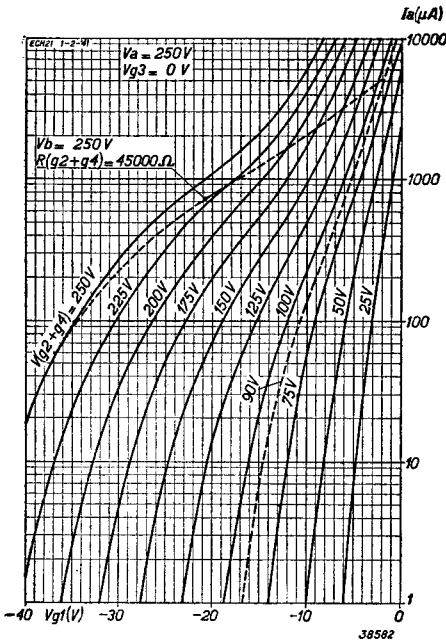


Fig. 12
Toepassing van het heptodegedeelte als m.f. versterker. Anodestroom als functie van de negatieve roosterspanning bij $V_a = 250$ V en $V_{g_3} = 0$ V, met de schermroosterspanning als parameter.

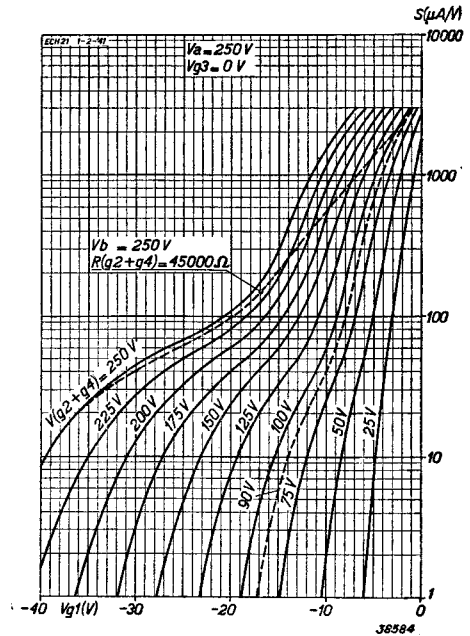


Fig. 13
Steilheid als functie van de negatieve roosterspanning van het heptodegedeelte bij $V_a = 250$ V en $V_{g_3} = 0$ V, met de schermroosterspanning als parameter.

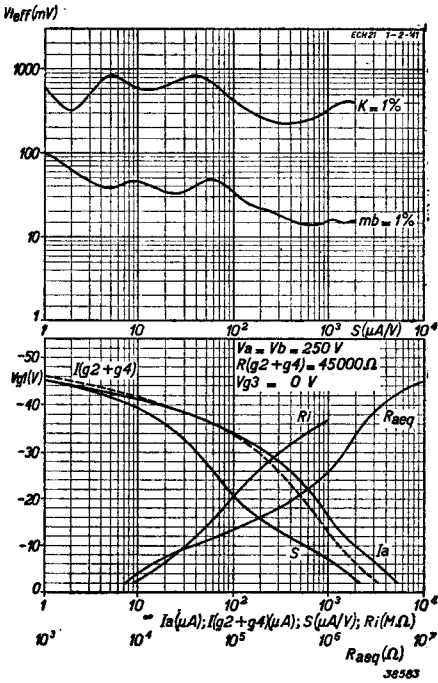


Fig. 14

Toepassing van het heptodegedeelte als m.f. versterker bij $V_a = V_b = 250$ V en voeding van het schermrooster via een weerstand van $45\ 000\ \Omega$.

Bovenste krommen: De hoogst toelaatbare effectieve waarde van de h.f. wisselspanning voor 1% kruismodulatie ($K = 1\%$) en de hoogst toelaatbare wisselspanning voor 1% modulatiebrom ($mb = 1\%$) beide van het storende signaal op het rooster, als functie van de steilheid.

Onderste krommen: Anodestroom I_a , schermroosterstroom $I(g_2 + g_4)$, steilheid S , inwendige weerstand R_i en equivalente ruisweerstand R_{aeg} , als functie van de negatieve rooster spanning V_{g_1} .

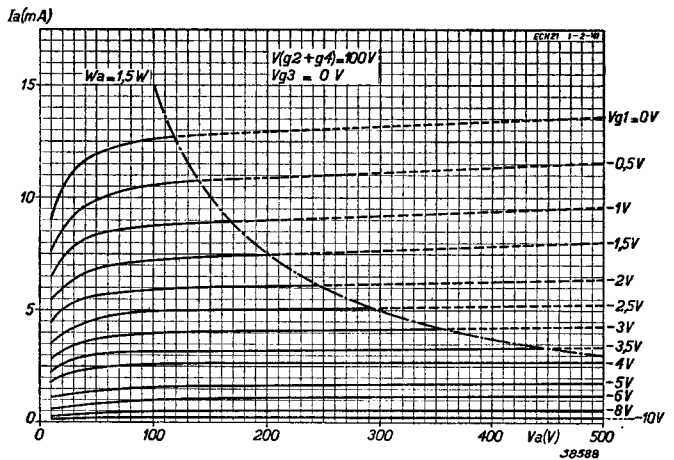


Fig. 15

Anodestroom als functie van de anodespanning, met de negatieve roosterspanning als parameter, bij $V(g_2 + g_4) = 100$ V en $V_{g_3} = 0$ V.

ECH 21

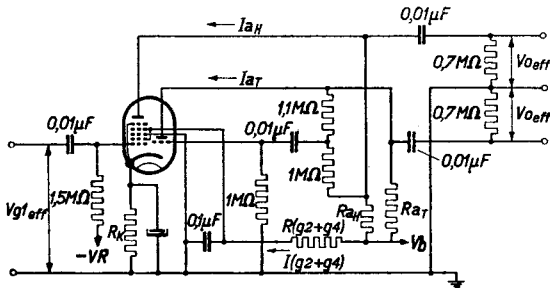
DYNAMISCHE GEGEVENS VAN HET TRIODEGEDEELTE bij toepassing als L.F. versterkerbuis met weerstandkoppeling (triode-rooster los van derde rooster der heptode)

Voedingsspanning van de anode	V_b	=	250	250	250	V
Anodeserie weerstand	R_a	=	0,2	0,1	0,05	M Ω
Neg. roosterspanning	V_g	=	-2	-4	-2	-4
Anodestroom	I_a	=	1	0,9	2	1,7
Geleverde wisselspanning	V_{oeff}	=	7,5	7,5	7,5	7,5
Totale vervorming	d_{tot}	=	2,5	2,0	2,1	1,6
Spanningversterking	$\frac{V_{oeff}}{V_{g1eff}}$	=	13	12	14	13

DYNAMISCHE GEGEVENS VAN DE ECH 21 als faseomkeerbus voor het moduleeren van een balanseindtrap

(Instelling met tegenkoppeling, zie fig. 16; triode-rooster los van derde rooster der heptode)

Voedingsspanning	V_b	=	250	V				
Anodeserie weerstand van heptodegedeelte	R_{aH}	=	0,2	M Ω				
Anodeserie weerstand van triodegedeelte	R_{aT}	=	0,1	M Ω				
Schermrooster-serie weerstand	$R(g_2 + g_4)$	=	0,25	M Ω				
Kathode weerstand	R_k	=	650	Ω				
Neg. regelspanning aan stuurrooster van heptodegedeelte	V_R	=	0	-5	-10	-15	-20	V
Gezamenlijke anodestroom van heptode- en triodegedeelte	$I_{aH} + I_{aT}$	=	2,5	2,45	2,35	2,25	2,15	mA
Schermroosterstroom	$I(g_2 + g_4)$	=	0,75	0,58	0,43	0,32	0,24	mA
Ingangswisselspanning	V_{g1eff}	=	0,10	0,33	0,66	1,0	1,6	V
Spanningversterking	$\frac{V_{g1eff}}{V_{oeff}}$	=	100	30	15	10	6	
Uitgangswisselspanning	V_{oeff}	=	10	10	10	10	10	V
Totale vervorming	d_{tot}	=	0,80	3,70	4,50	6,20	7,50	%



39472

Fig. 16
Schakeling van de ECH 21 als faseomkeerbus met tegenkoppeling, ter verklaring van de bovenstaande omschrijvingen en symbolen.

GRENSWAARDEN VAN HET HEPTODEGEDEELTE

Anodespanning in kouden toestand	V_{ao}	= max. 550 V
Anodespanning	V_a	= max. 300 V
Anodedissipatie	W_a	= max. 1,5 W
Schermroosterspanning in kouden toestand . . .	$V_{(g_2 + g_4)_o}$	= max. 550 V
Schermroosterspanning bij niet geregelde buis ($I_a = 3$ mA)	$V_{(g_2 + g_4)}$	= max. 100 V
Schermroosterspanning bij geregelde buis ($I_a < 1$ mA)	$V_{(g_2 + g_4)}$	= max. 300 V
Schermroosterdissipatie	$W_{(g_2 + g_4)}$	= max. 1 W
Kathodestroom	I_k	= max. 15 mA
Beginpunt van roosterstroom ($I_{g_1} = + 0,3$ μ A) . .	V_{g_1}	= max. $-1,3$ V
Beginpunt van roosterstroom ($I_{g_3} = + 0,3$ μ A) . .	V_{g_3}	= max. $-1,3$ V
Max. uitwendige weerstand tussen rooster 1 en kathode	R_{g_1k}	= max. 3 M Ω
Max. uitwendige weerstand tussen rooster 3 en kathode	R_{g_3k}	= max. 3 M Ω
Max. uitwendige weerstand tussen gloeidraad en kathode	R_{fk}	= max. 20 000 Ω
Max. spanning tussen gloeidraad en kathode (gelijkspanning of eff. waarde der wisselspanning)	V_{fk}	= max. 50 V

GRENSWAARDEN VAN HET TRIODEGEDEELTE

Anodespanning in kouden toestand	V_{ao}	= max. 550 V
Anodespanning	V_a	= max. 175 V
Anodedissipatie	W_a	= max. 0,8 W
Beginpunt van roosterstroom ($I_g = + 0,3$ μ A) . .	V_g	= max. $-1,3$ V
Max. uitwendige weerstand in de roosterketen . . .	R_{gk}	= max. 3 M Ω

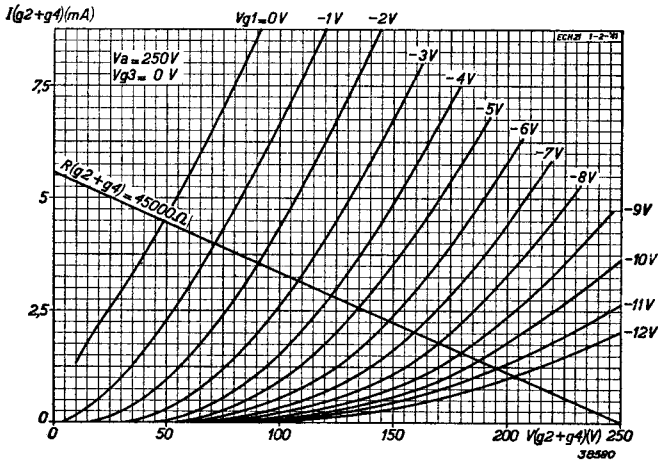


Fig. 17
 Schermroosterstroom als functie van de schermrooster spanning, bij $V_a = 250V$ en $V_{g_3} = 0V$, met de negatieve rooster spanning als parameter.

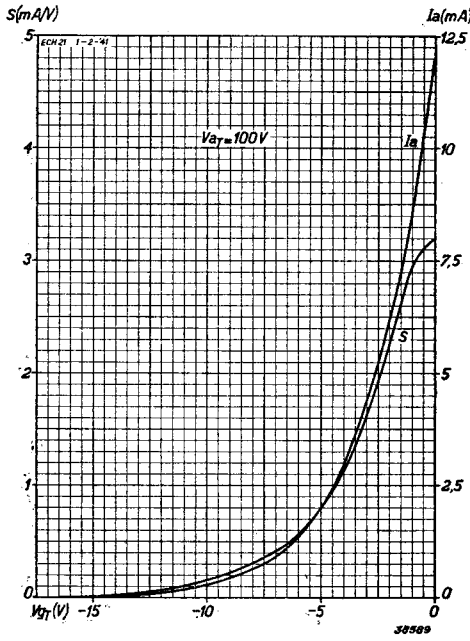


Fig. 18
 Anodestroom en steilheid van het triodegedeelte als functie van de negatieve rooster spanning, bij $V_{aT} = 100V$.